

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

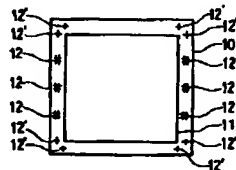
As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.

===== WPI =====

TI - Phase shaft mask - has shading film, phase shifter, and aligning mark on substrate, with latter having dimension less than resolution limit
 NoAbstract
 AB - J05142745
 - (Dwg.1/11)
 PN - JP5142745 A 19930611 DW199328 G03F1/08 012pp
 PR - JP19910000171 19910107
 PA - (HITA) HITACHI LTD
 MC - U11-C04E2
 DC - P84 U11
 IC - G03F1/08 ;H01L21/027
 AN - 1993-221463 [28]

===== PAJ =====

TI - PHASE SHIFT MASK AND MANUFACTURE OF MASK
 AB - PURPOSE:To form the fine pattern of the mask or phase shift mask with high precision.
 - CONSTITUTION:The phase shift mask has a light shield film, a phase shifter, and matching marks 12 and 12' on a substrate, and the matching marks 12 and 12' are of size smaller than a resolution limit or provided on the light shield film. When the pattern of the phase shifter of the phase shift mask is positioned with the matching marks 12 and 12', drawn, and formed, the matching marks are provided where the formation of an element pattern is not impeded or deleted after the pattern forming. While the pattern is positioned repeatedly with the matching marks at desired intervals of time, the pattern is drawn by irradiation with an electron beam to form the pattern of the light shield film and phase shifter.
 PN - JP5142745 A 19930611
 PD - 1993-06-11
 ABD - 19930921
 ABV - 017526
 AP - JP19910000171 19910107
 GR - P1617
 PA - HITACHI LTD
 IN - IMAI AKIRA; others: 02
 I - G03F1/08 ;H01L21/027



<First Page Image>

(51)Int.Cl. ⁵	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 3 F 1/08	A	7369-2H		
	N	7369-2H		
H 0 1 L 21/027		7352-4M	H 0 1 L 21/ 30	3 0 1 P
		7352-4M		3 1 1 W
審査請求 未請求 請求項の数19(全 12 頁)				

(21)出願番号 特願平3-171

(22)出願日 平成3年(1991)1月7日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 今井 彰

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 長谷川 昇雄

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 岡崎 信次

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

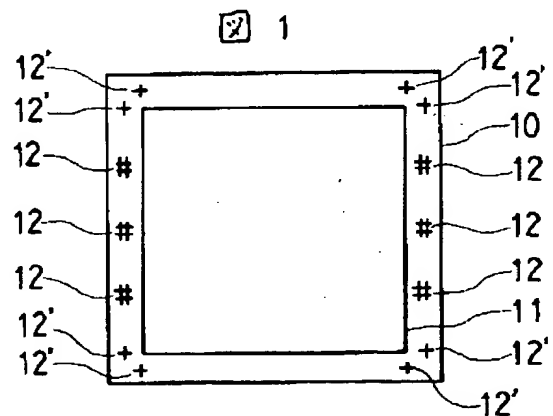
(74)代理人 弁理士 蒲田 利幸 (外1名)

(54)【発明の名称】 位相シフトマスク及びマスクの製造方法

(57)【要約】

【目的】マスクまたは位相シフトマスクの微細なパターンを高精度で形成すること。このような位相シフトマスクを提供すること。

【構成】基板上に、遮光膜、位相シフト及び合わせマークを有し、合わせマークは解像限界以下の寸法か又は遮光膜上に設けられている位相シフトマスク。位相シフトマスクの位相シフトのパターンを、合わせマークにより位置決めして描画して、形成する際に、合わせマークを素子パターンを形成するのに障害にならない位置に設けて行なうかまたは描画後に合わせマークを削除する。合わせマークにより所望の時間毎に位置決めを繰返しながら電子線線を照射してパターンを描画し、遮光膜や位相シフトのパターンを形成するマスクの製造方法。



【特許請求の範囲】

【請求項1】基板上に、所望のパタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のパタンの位相シフト及び該基板上のパタンが転写される第2の基板の寸法に換算して解像限界以下の寸法の位置決めマークを有することを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項2】請求項1記載の位相シフトマスクにおいて、上記位置決めマークは、上記転写される領域内に設けられたことを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項3】基板上に、所望のパタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のパタンの位相シフト及び該遮光膜上に設けられた位置決めマークを有することを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項4】請求項3記載の位相シフトマスクにおいて、上記位置決めマークは、上記位相シフトパタンを構成する材質と同じ材質であることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項5】基板上に、所望のパタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のパタンの位相シフト及び位置決めマークを有し、該位置決めマークは、該基板の透過光に対して透明又は半透明でかつ透過光に位相差を与えない条件を満たす厚みであることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項6】請求項5記載の位相シフトマスクにおいて、上記厚みは、上記膜の材質の屈折率を n 、透過光の波長を λ 、自然数を m とすると、 $m \cdot \lambda / (n - 1)$

で表される厚みであることを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項7】基板上に、所望のパタンの遮光膜と、該基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域外に位置決めマークとを形成する第1の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項8】基板上に、所望のパタンの遮光膜と、該基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域内で、かつ上記遮光膜のパタンにより構成される素子パタン外に位置決めマークとを形成する第1の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項9】請求項8記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記位置決めマークは、上記基板上のパタンが転写される第2の基板の寸法に換算して、解像限界以下の寸法に形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項10】請求項7、8又は9記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記第2の工程は、上記位置

決めマークにより所望の時間毎に位置決めを繰返ししながらエネルギー線を照射して所望のパタンを描画することにより上記位相シフトのパタンを形成して行なうことを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項11】基板上に、所望のパタンの遮光膜と位置決めマークとを形成する第1の工程、該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程及び該基板上のパタンが転写される第2の基板に該位置決めマークが転写されないように、該位置決めマークを修正する第3の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項12】請求項11記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記修正は、上記位置決めマークの除去であることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項13】請求項11記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記修正は、上記位置決めマーク上への透過光に対して不透明な材料の付着であることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項14】基板上に、遮光膜を形成する第1の工程、該遮光膜上に位置決めマークを形成する第2の工程、該位置決めマークにより位置決めして該遮光膜を所望のパタンとする第3の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを該位置決めマークにより位置決めして形成する第4の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項15】基板上に、所望のパタンの遮光膜を形成する第1の工程、該基板の透過光に対して透明又は半透明でかつ透過光に位相差を与えない厚みの膜からなる位置決めマークを形成する第2の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを該位置決めマークにより位置決めして形成する第3の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項16】第1の基板上に、所望のパタンの遮光膜及び該第1の基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域内に第1の位置決めマークと第2の位置決めマークを形成する第1の工程、該第1の基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該第1の位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程、該第1の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第3の工程及び該第2の基板上に形成された第2の位置決めマークにより位置決めして第3の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第4の工程を有することを特徴とする固体素子の製造方法。

【請求項17】請求項16記載の固体素子の製造方法において、上記第1の位置決めマークは、上記第2の位置決めマーク内又はその近傍に形成することを特徴とする固体素子の製造方法。

【請求項18】第1の基板上に、所望のパタンの遮光膜

10

20

30

40

50

及び該第1の基板上のボタンが第2の基板上に転写される領域内に位置決めマークを形成する第1の工程、該第1の基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのボタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程、該第1の基板上のボタンを該第2の基板上に転写する第3の工程及び該第2の基板上に形成された位置決めマークにより位置決めして第3の基板上のボタンを該第2の基板上に転写する第4の工程を有することを特徴とする固体素子の製造方法。

【請求項19】基板上に、遮光膜と位置決めマークを形成する工程、該遮光膜上にレジスト膜を形成する工程、該位置決めマークにより所望の時間毎に位置決めを繰返しながらエネルギー線を照射して所望のボタンを描画し、該レジスト膜を現像して所望のボタンとする工程及び該レジスト膜のボタンをマスクとして該遮光膜をエッチングする工程を有することを特徴とするマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体素子、超伝導体素子、磁性体素子、光集積素子等の各種固体素子の微細パターン形成に用いられる投影露光法用位相シフトマスク、その製造方法、そのような位相シフトマスクを用いた固体素子の製造方法及び位相シフトを持たないマスクの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、半導体素子等の固体素子の微細パターンの形成は、主に縮小投影露光法により行なわれてきた。上記方法を用いて、解像力を飛躍的に向上することができる方法の一つに、マスク上の隣合った透光部を通過した光の間に位相差を導入する方法（以下位相シフト法と呼ぶ）がある。この方法は、例えば細長い透過領域と不透明領域の繰返しパターンの場合、マスク上の互いに隣合った透過領域を通過した光の位相差がほぼ180度になるように、上記透過領域のひとつおきに位相差を導入するための透明材料（以下位相シフトと呼ぶ）を設けるものである。

【0003】位相シフト法で用いるマスクは、従来用いられてきたクロムマスクの所定の透過領域上に位相シフトを設けることにより作製することができる。これについては、例えば、アイ・イー・イー・イー、トランザクション オン エレクトロニクス、イー ディー 29、ナンバー12（1982年）第1828頁から第1836頁（IEEE、Trans. Electron Devices、ED29、No. 12（1982）pp1828-1836）において論じられている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術は、位相シフトマスクを製造する場合、マスク基板上に形成され

た遮光膜を選択的にエッチングして遮光ボタンを形成した後、所定の透過部に位相シフトボタンを形成するという方法を用いている。この位相シフトパターンの形成は、位相シフトの膜を形成し、電子線描画装置を用いて位置決めし、所定のボタンを電子線描画して行なっている。この工程では位置決めするための位置決めマークボタンを予めマスク基板上に設け、これを用いている。

【0005】ところが、高精度に位置決めするために、この位置決めマークボタンを描画する所定のボタンの近傍に設けていたため、この方法を用いて製造した位相シフトマスクを用いてボタンを転写した場合、固体素子等の製造工程において用いる所定のボタン以外に、上記位置決めマークボタンも同時に転写され、微細な素子パターンの形成の障害になるという問題があった。また、マスクボタンを電子線描画している間に、電子線のドリフト現象等のために描画ボタンの位置が所望の位置からずれるという問題があった。

【0006】また、従来の位相シフトを持たない遮光パターンのみのマスクの製造の際に、電子線を用いて微細パターンを形成しようとすると、上記の後者の問題が同様に生じた。

【0007】本発明の目的は、高精度で形成された微細なボタンを有する位相シフトマスクを提供することにある。本発明の第2の目的は、そのような位相シフトマスクの製造方法を提供することにある。本発明の第3の目的は、そのような位相シフトマスクを用いた固体素子の製造方法を提供することにある。本発明の第4の目的は、高精度で形成された微細なボタンを有するマスクの製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的は、（1）基板上に、所望のボタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のボタンの位相シフト及び該基板上のボタンが転写される第2の基板上の寸法に換算して解像限界以下の寸法の位置決めマークを有することを特徴とする位相シフトマスク、（2）上記1記載の位相シフトマスクにおいて、上記位置決めマークは、上記転写される領域内に設けられたことを特徴とする位相シフトマスク、（3）基板上に、所望のボタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のボタンの位相シフト及び該遮光膜上に設けられた位置決めマークを有することを特徴とする位相シフトマスク、（4）上記3記載の位相シフトマスクにおいて、上記位置決めマークは、上記位相シフトボタンを構成する材質と同じ材質であることを特徴とする位相シフトマスク、（5）基板上に、所望のボタンの遮光膜、該基板の透過光に位相差を与えるための所望のボタンの位相シフト及び位置決めマークを有し、該位置決めマークは、該基板の透過光に対して透明又は半透明でかつ透過光に位相差を与えない条件を満たす厚みであることを特徴とする位相シフトマス

ク、(6)上記5記載の位相シフトマスクにおいて、上記厚みは、上記膜の材質の屈折率を n 、透過光の波長を λ 、自然数を m とすると、 $m \cdot \lambda / (n - 1)$

で表される厚みであることを特徴とする位相シフトマスクにより達成される。

【0009】上記第2の目的は、(7)基板上に、所望のパタンの遮光膜と、該基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域外に位置決めマークとを形成する第1の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(8)基板上に、所望のパタンの遮光膜と、該基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域内で、かつ上記遮光膜のパタンにより構成される素子パタン外に位置決めマークとを形成する第1の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(9)上記8記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記位置決めマークは、上記基板上のパタンが転写される第2の基板上の寸法に換算して、解像限界以下の寸法に形成することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(10)上記7、8又は9記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記第2の工程は、上記位置決めマークにより所望の時間毎に位置決めを繰返しながらエネルギー線を照射して所望のパタンを描画することにより上記位相シフトのパタンを形成して行なうことを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(11)基板上に、所望のパタンの遮光膜と位置決めマークとを形成する第1の工程、該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程及び該基板上のパタンが転写される第2の基板に該位置決めマークが転写されないように、該位置決めマークを修正する第3の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(12)上記11記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記修正は、上記位置決めマークの除去であることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(13)上記11記載の位相シフトマスクの製造方法において、上記修正は、上記位置決めマーク上への透過光に対して不透明な材料の付着であることを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(14)基板上に、遮光膜を形成する第1の工程、該遮光膜上に位置決めマークを形成する第2の工程、該位置決めマークにより位置決めして該遮光膜を所望のパタンとする第3の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを該位置決めマークにより位置決めして形成する第4の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法、(15)基板上に、所望のパタンの遮

光膜を形成する第1の工程、該基板の透過光に対して透明又は半透明でかつ透過光に位相差を与えない厚みの膜からなる位置決めマークを形成する第2の工程及び該基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを該位置決めマークにより位置決めして形成する第3の工程を有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法により達成される。

【0010】上記第3の目的は、(16)第1の基板上に、所望のパタンの遮光膜及び該第1の基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域内に第1の位置決めマークと第2の位置決めマークを形成する第1の工程、該第1の基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該第1の位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程、該第1の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第3の工程及び該第2の基板上に形成された第2の位置決めマークにより位置決めして第3の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第4の工程を有することを特徴とする固体素子の製造方法、

(17)上記16記載の固体素子の製造方法において、上記第1の位置決めマークは、上記第2の位置決めマーク内又はその近傍に形成することを特徴とする固体素子の製造方法、(18)第1の基板上に、所望のパタンの遮光膜及び該第1の基板上のパタンが第2の基板上に転写される領域内に位置決めマークを形成する第1の工程、該第1の基板の透過光に位相差を与えるための位相シフトのパタンを、該位置決めマークにより位置決めして形成する第2の工程、該第1の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第3の工程及び該第2の基板上に形成された位置決めマークにより位置決めして第3の基板上のパタンを該第2の基板上に転写する第4の工程を有することを特徴とする固体素子の製造方法により達成される。

【0011】上記第4の目的は、(19)基板上に、遮光膜と位置決めマークを形成する工程、該遮光膜上にレジスト膜を形成する工程、該位置決めマークにより所望の時間毎に位置決めを繰返しながらエネルギー線を照射して所望のパタンを描画し、該レジスト膜を現像して所望のパタンとする工程及び該レジスト膜のパタンをマスクとして該遮光膜をエッチングする工程を有することを特徴とするマスクの製造方法により達成される。

【0012】

【作用】一般に投影露光法において用いられるマスクは、投影光学系によって転写される領域(以下、マスクパタン領域という)よりも大きな面積を持つマスク基板を用い、電子線等を用いた直接描画法により所定の素子パタンを描画することにより製造されている。上記マスクパタン領域内に固体素子等の製造に用いる素子パタンが形成されている。位相シフトマスクの製造方法のひとつとして、マスク基板上に形成された遮光膜を選択的にエッチングして透過パタンを形成した後、所定の透過パ

タン領域に位相シフトパターンを形成するという方法を用いる場合、この位相シフトパターンを形成する工程において、電子線描画装置を用いて位置決めをして所定のパターンを描画する。そのため、この工程では位置決めをするための位置決めマーク（以下合わせマークという）を必要とする。

【0013】図1は合わせマークの配置を示したマスクの一例の平面の模式図である。ここで、マスクパターン領域11の外に合わせマーク12を設けることにより、投影露光の際に合わせマーク12が転写されることのないマスクを製造することができる。なお、図において、12'は投影露光の際に用いる露光用合わせマークである。

【0014】また、現在のマスク基板は、5インチ角の大きさのものが広く用いられているため、図1のように合わせマーク12をマスクパターン領域11外に設けた場合、合わせマーク12とこれを用いて位置決めして形成する位相シフトパターンとの距離が大きくなる場合がある。この距離に比例して位置決めの誤差が大きくなるため、電子線描画装置の精度上の問題から、正確に位置決めをして位相シフトパターンを形成することが困難などときがある。位置合わせの精度を高めるためには、例えば図2に示したように位相シフトパターン13の周辺、すなわちマスクパターン領域11内に合わせマーク12を設けることが好ましい。この場合、次のような方法をとることが必要である。

【0015】一つの方法は、製造した位相シフトマスクを用いた投影露光の際に転写された合わせマークがそれ以後の投影露光の際やそれにより製造された固体撮像素子の特性に障害とならないような位置に設ける方法である。電子線描画を行なう際の合わせマークの検出精度を考慮した場合、寸法をあまり小さくすることは好ましくない。例えば合わせマークとしては、図3(a)、(b)、(c)、(d)に示したようなパターンが一般的に用いられている。図に示すような合わせマークをマスクパターン領域の内に設けた場合、例えば縮小率1/5、開口数NA=0.42のKrFエキシマレーザ（露光波長248nm）縮小投影露光装置を用いてパターン転写を行なった場合、上記合わせマークが転写されてしまう。この場合、上記合わせマークを固体素子等の製造工程において障害とならないような領域に設ければよい。

【0016】この場合、つぎのように露光用合わせマーク近傍に合わせマークを配置する方法を用いてもよい。位相シフトマスクを用いた固体素子等の製造工程においても露光用のために、合わせマークを用いている。例えば縮小投影露光法においてはマスクパターンは縮小されて基板上に転写される。従って、マスク上の合わせマークの寸法は縮小率の逆数をかけた寸法となる。縮小率が1/10の場合には合わせマークの寸法は10倍になる。従って例えば図4に示したように露光用合わせマーク3

0近傍に合わせマーク12を配置することが可能となる。ここで、露光用合わせマークの近傍とは、露光用合わせマーク内も含むものである。

【0017】また、等倍あるいは縮小率1/4の場合のようにマスク上のパターン寸法と投影された基板上での寸法の差があまり大きくないような場合には、合わせマークと上記位相シフトマスクを用いた固体素子等の製造工程において用いられる位置決めマークパターンを共通にして用いることもできる。この場合、位相シフトパターン形成工程で用いる合わせマークを特別に設けなくてもよいことがある。

【0018】他の方法は、合わせマークが投影光学系により転写されないように、合わせマークの寸法を基板上のパターンが転写される第2の基板上の寸法に換算して解像限界以下の寸法とする方法である。解像限界は、投影露光装置の開口数をNA、基板の透過光、すなわち露光波長を λ 、パターンを転写する際に用いるレジストやプロセス等の条件により決まる定数kとすると、次式により求まる。

$$\text{【数1】 } k \times \lambda / NA \quad (1)$$

従って、投影露光装置の縮小率を $1/n$ とすれば、マスク上ではこれのn倍の値となる。

【0019】さらに他の方法は、合わせマークを使用した後に、合わせマークが転写されないように修正する工程を行なう方法である。例えば、合わせマークが、その平面図及びAB線断面図を図5(a)、(b)に示したように、遮光膜15内に設けられた透過パターンである場合、この領域上に露光光に対して不透明な材料を付着する工程を行なえばよい。

【0020】また、これとは逆に、合わせマークが、その平面図及びCD線断面図を図6(a)、(b)に示したように、光透過部16内に設けた遮光膜15のパターンである場合、遮光膜を除去すればよい。なお、通常合わせマークは予備を含めて複数個配置するため、必要に応じて予備の合わせマークを修正することがある。

【0021】さらに他の方法は、合わせマークが、その平面図及びEF線断面図を図7(a)、(b)に示したように、光透過部16内に、露光光に対して透明又は半透明な材料からなる合わせマーク21を形成してもよい。この場合、合わせマーク21の膜厚dを、投影光学系により転写されないような値に調整する必要がある。半透明な材料を用いて合わせマーク21を形成し、その膜厚dが適当に小さい場合（例えば透過光が60%以上であるとき）、また、透明な材料を用いて合わせマーク21を形成した場合は、合わせマーク21を通過した光と、合わせマーク21が配置されている光透過部16を通過した光の位相差がほぼ反転するような場合には、図8に示すようにパターン境界部で光強度が減少するため、合わせマーク21が解像してしまう。そのため、パターンの境界で光強度が減少しないような膜厚dとすることが

必要である。その最適値は、露光波長 λ における上記透明な材料の屈折率 n に対して、

$$【数2】d = m \cdot \lambda / (n - 1) \quad (2)$$

(但し、 m は自然数)により与えられる。すなわち、上記二つの光の間に位相差がないことに相当する。上式により与えられる膜厚 d に合わせマークの膜厚をほぼ設定すれば、この合わせマークはパタン転写工程において転写されなくなる。

【0022】さらに、位相シフトマスクの種類によっては、図9に示すように遮光膜15上に合わせマーク12を設けることもできる。この場合は、投影光学系により合わせマークが転写されることはなく、また、位相シフトパタンを形成する際に合わせマークを同時に形成することも可能である。

【0023】さらに、位相シフトパタン、遮光膜パタンを電子線を用いて描画する際、電子線描画装置を長時間描画動作を連続して行なうと電子線のドリフト現象により位置精度が劣化し、位置ずれが生じる場合がある。そのため所定時間毎に位置決めしなおし、描画することにより、位置ずれ量を小さくすることができる。

【0024】

【実施例】

〈実施例1〉以下、本発明の一実施例について説明する。 $NA=0.42$ の投影光学系を有する縮小率 $1/5$ のKrFエキシマレーザ(波長 248nm)縮小投影露光装置用の64メガビットDRAMの配線パタン製造工程で用いる位相シフトマスクを製造した。図1にその平面の模式図を示す。マスク基板10は、投影露光装置により転写されるマスクパタン領域11外に第1の合わせマーク12と露光用合わせマーク12'を有する。

【0025】以下、マスク製造工程を図10を用いて説明する。マスク基板として、合成石英基板1上に順に、窒化シリコン膜2、クロム膜3を積層したものを用意した(図10(a))。ここでクロム膜3は遮光膜として、窒化シリコン膜2は位相シフト膜をエッチングする際のストップ膜として用いるものである。ストップ膜は窒化シリコン膜に限らず、酸化シリコン、フッ化マグネシウム、透明導電膜等を用いてもかまわない。また、遮光膜としてモリブデンシリサイド等を用いてもかまわない。

【0026】次に、クロム膜3上にポジ型レジストOEBR-2000(東京応化工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用いて所定の透過部の領域を描画した。本実施例ではOEBR-2000(東京応化工業(株)、製品名)を用いたが、他のレジストを用いてもよい。このことは以下の工程においても、また、他の実施例においても同様である。

【0027】本実施例では、位相シフトパタンを形成する際に用いる合わせマークパタンを3種類設けた。すなわち、図1に示したマスクパタン領域11外に6個の第

1の合わせマーク12を、また、マスクパタン領域11内の素子パタン領域外、すなわち上記配線パタン製造工程上影響を与えないような領域に第2の合わせマーク

(図示せず)を、マスクパタン領域11内の上記配線パタンに近接した位置に第3の合わせマーク(図示せず)を配置した。ここで、合わせマークパタンの位置や形状は上記に限らないことは言うまでもない。なお、本実施例において、第1の合わせマークは大まかな位置決めを行なうためのいわゆるウエハマークとして用い、第2、第3の合わせマークは正確に位置決めするためのいわゆるチップマークとして用いる。

【0028】再び図10に戻って説明する。描画後、所定の現像処理を行ないレジストパタンを形成した後、これをマスクとして所定のエッチング液を用いてクロム膜を湿式エッチングした。しかる後、上記レジストを除去して、所定の遮光パタンと第1の合わせマーク(図示せず)と第2の合わせマーク(図示せず)と第3の合わせマーク6を形成した(図10(b))。

【0029】次に、上記マスクの全面に塗布性ケイ素化合物(スピノンガラス:以下、SOGと略す)としてOCDタイプ7(東京応化工業(株)、製品名)をスピコート法により塗布し、 200°C で20分間熱処理して位相シフト膜4を形成した(図10(c))。本実施例において、位相シフト膜としてOCDタイプ7(東京応化工業(株)、製品名)を用いたが、位相シフト膜の材料はこれに限るものではない。

【0030】位相シフト膜の最適膜厚 d は、一般に、露光波長 λ での位相シフトの屈折率 n に対して、

$$【数3】d = \lambda / 2 (n - 1) \quad (3)$$

で与えられる。本実施例において、 $\lambda = 248\text{nm}$ におけるSOGの屈折率 $n = 1.5$ より、最適膜厚 d は 248nm となる。そこで、位相シフト膜4の膜厚を 248nm とした。

【0031】次に、上記基板上にネガ型レジストRD2000N(日立化成工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置及び上記第1、第2、第3の合わせマークを用いて所定の位相シフトパタン領域を描画した。すなわち、まず第1の合わせマーク上に電子線を走査して反射電子を検出し、この信号を用いて第2の合わせマークを検出する。さらにこれより得られる信号を検出し、この信号を用いて第3の合わせマークを検出する。そしてこれにより得られる信号により位置決めして所定のパタンを描画する。なお、第1、第2、第3の合わせマークは、それぞれ全部使用する必要なく、それぞれその1部を用いればよい。

【0032】ここで、所定の位相シフトパタン領域を描画するに必要な時間は、合計1時間程度である。本実施例で用いた電子線描画装置は、5分以上描画動作を連続して行なうと電子線のドリフト現象により位置精度が劣化し、 $0.1\mu\text{m}$ 以上の位置ずれが生じる。そのため約

2分毎に第3の合わせマークを検出して、位置決めしなおし、位相シフトパターン領域を描画した。この結果、位置ずれを0.1 μ m以下に抑え、パターンを高精度で形成することができた。描画後、所定の現像処理を行ないレジストパターンを形成した。

【0033】上記のように、パターン領域を描画する場合、電子線を合わせマーク上にも照射することになる。従って、ネガ型レジストを用いているため、電子線描画したパターン領域と上述のマーク検出した領域に現像後にレジスト材料が残ることになる。

【0034】このようにして形成したレジストパターンをマスクとして、所定のエッチング液を用いて位相シフト膜の湿式エッチングを行なった。しかる後、上記レジストパターンを除去して位相シフト5のパターンを形成した。この際合わせマーク上及びその近傍においても位相シフト5が形成された(図10(d))。

【0035】次に、第3の合わせマーク6上に、マスク欠陥修正装置を用いて、クロムからなる不透明膜7を蒸着し、第3の位置決めマークパターンが転写されないようにした。以上のようにして所望の位相シフトマスクを得た(図10(e))。なお、第2の合わせマークは固体素子製造工程で転写されるが、固体素子の特性に障害とならない位置に設けてあるので、クロム膜を蒸着する必要はない。

【0036】以上のようにして作製した位相シフトマスクを前記縮小投影露光装置に用い、所定の加工が行なわれたシリコン基板上に塗布されたレジスト膜にマスクパターンを転写した。レジストはSAL601-ER7(Shipley社、製品名)を用いた。なお、本実施例ではコヒーレンスファクタの値を0.3としたが、これ以外

の値を用いてもよい。

【0037】露光後、所定のベーク、現像処理を行ない、上記基板上にレジストパターンを形成した。形成したレジストパターンを走査型電子顕微鏡(SEM)により観察した結果、第3の合わせマークは転写されず、また、パターン領域全体にわたり良好な線幅精度で所望のパターンが形成されたことが分かった。

【0038】なお、上記位相シフト膜のパターン形成に用いるレジストは、ポジ型レジストを用いても良い。パターン領域を描画する電子線照射量と比較して、比較的多くの電子線照射量が合わせマーク上に照射されるため、レジスト材料が変質し、ポジ型レジストであっても合わせマーク上にレジスト材料が残る。一方、合わせマークの輪郭部分と電子線描画されたパターン領域は、所定の現像処理後に除去される。

【0039】また、上述の変質したレジスト材料は、この部分以外のレジストパターンよりも現像により除去されにくい場合もある。この場合は、合わせマーク上にレジスト材料が残ることになる。この変質したレジスト材料が投影光学系の露光光に対して透明とならないような性

質を持っており、かつ、合わせマークが遮光領域内に配置された透過パターンであるならば、合わせマーク上に実質的に遮光膜を付着したと同様の効果が得られる。これについてはネガ型レジストを用いたときも同様である。

【0040】さらにまた、本実施例においては、電子線を用いて所定のパターンを描画する場合について説明したが、これに限らず、イオンビーム、放射線等のエネルギー線を用いても良い。以上述べたように、合わせマーク上にレジスト材料が残ることを考慮し、マスクパターンや合わせマークを設計、配置しなければならないことは言うまでもない。これは以下の実施例においても同様である。なお、本実施例では第1、第2、第3の3種の合わせマークを用いたが、転写されるパターンの形状等により、合わせマークは一種でも、所望の2種でもよい。さらにまた、第3の合わせマークの修正は、その上に不透明膜を被着させて行なったが、合わせマーク自体を削除してもよい。

【0041】〈実施例2〉NA=0.45の投影光学系を有する縮小率1/10のi線(波長 $\lambda=365$ nm)縮小投影露光装置用の位相シフトマスクを製造した。以下、マスク製造工程を第11図を用いて説明する。マスク基板として、合成石英基板1上に透明導電膜8、クロム膜3を積層したものを用意した(図11(a))。

【0042】次に、上記マスクの全面にSOG(OCDタイプ7;東京応化工業(株)、製品名)をスピンコート法により塗布し、200℃で20分間熱処理して位相シフト膜4を形成した(図11(b))。本実施例では位相シフト材料としてOCDタイプ7(東京応化工業(株)、製品名)を用いたがこれに限るものではない。位相シフト膜4の膜厚は、波長 $\lambda=365$ nmにおける位相シフト膜4の屈折率1.47及び(1)式より、388nmとした。

【0043】次に、位相シフト膜4上に、ネガ型レジストRD2000N(日立化成工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用いて所定のパターンを描画した。ここで、マスクパターンの遮光領域となるクロム膜上に位相シフト膜で合わせマークが形成されるように合わせマークパターンも描画した。次に、所定の現像及び熱処理を行ないレジストパターンを形成し、これをマスクとして、所定のエッチング液を用いて位相シフト膜4を湿式エッチングした。しかる後、上記レジストパターンを除去して位相シフト9及び合わせマーク21を得た(図11(c))。

【0044】次に、ポジ型レジストRE5000P(日立化成工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用い、上記合わせマーク21により位置決めして、所定の透過パターン領域を描画した。ついで現像処理を行ないレジストパターンを形成した後、これをマスクとして所定のエッチング液を用いてクロム膜3の湿式エッチング

を行なった。ここで、位相シフトパタン9の下地のクロム膜が寸法0.5 μ mの幅にサイドエッチングされ、オーバーハング形状になるようにした。しかる後に、さらに、上記レジストを除去して、所定のクロムパタンを得た(図11(d))。

【0045】次に、SOG(OCDタイプ7;東京応化工業(株)、製品名)をスピン塗布して、温度80℃で10分間熱処理した。ここで、塗布膜厚は200℃で20分間熱処理した後に膜厚値が388nmになるように設定した。なお、SOGの熱処理の条件は上記に限るものではない。しかる後、電子線描画装置を用い、合わせマーク21により位置決めして、所定の位相シフトパタン領域を描画した。しかる後、メタノールで30秒間現像処理を行なった。さらに温度200℃で20分間熱処理して、位相シフト9'を得た(図11(e))。

【0046】なお、クロム膜3の両側に微小幅の位相シフト9を設けた場合も、光透過部と位相シフトとの境界部で光の位相が互いに打ち消しあうことにより光強度が弱められ、コントラストの高い良好な光学像が得られる。

【0047】以上のようにして製造した位相シフトマスクを前記縮小投影露光装置に用い、所定の加工が行なわれたシリコン基板上に塗布されたレジスト膜にマスクパタンを転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、基板上にレジストパタンを形成した。形成した上記レジストパタンをSEMにより観察した結果、合わせマークパタンは転写されず、また、パタン領域全体にわたり良好な線幅精度で所望のパタンが形成されたことが分かった。レジストとしてAZ5214(Shipley社、製品名)を用いた。なお、本実施例ではコヒーレンスファクタの値を0.5としたが、これ以外の値を用いてもよい。

【0048】なお、電子線による位相シフトパタンの描画は、実施例1と同様に所定の時間毎に位置決めしながら描画してもよい。

【0049】また、上記合わせマークは、光透過部に設けてもよい。この場合、合わせマークが設けられている部分とない部分とにより、透過光の位相差に基づく像が生じないように、合わせマークの厚みdを、露光波長を λ 、その波長における合わせマークの材料の屈折率をnとするとき、

$$\text{【数4】 } d = m \cdot \lambda / (n - 1) \quad (2)$$

(但し、mは自然数)とする必要がある。また、最初に形成された上記合わせマークの膜厚は位相シフトの膜厚と同じになり転写されてしまうため、合わせマークは別の工程で形成する必要がある。

【0050】〈実施例3〉NA=0.42の投影光学系を有する縮小率1/10のi線(波長 $\lambda=365$ nm)縮小投影露光装置用の位相シフトマスクを製造した。以下、マスク製造工程を説明する。マスク基板として、合

成石英基板上に透明導電膜、クロム膜を積層したものを用意した。

【0051】次に、ポジ型レジストRE5000P(日立化成工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用いて、透過パタン領域及び合わせマークを描画した。本実施例では、第1の合わせマークをマスクパタン領域外の遮光領域に透過パタンとして、第2の合わせマークをマスクパタン領域の光透過領域に遮光パタンとして、第3の合わせマークは上記投影光学系の解像限界以下の寸法としてマスクパタン領域の遮光領域に透過パタンとして設けた。

【0052】解像限界は、 $NA=0.42$ 、 $\lambda=365$ nm、マスクパタンを転写する際に用いるレジストやプロセス等の条件により決まる定数kを0.6として、次式により求まる。

$$\text{【数5】 } k \times \lambda / NA = 0.52 \mu m \quad (4)$$

従って、マスク上では10倍の5.2 μ mとなる。そこで、本実施例では第3の合わせマークを図3(c)に示した形状、寸法(幅3 μ m)とした。

【0053】しかる後、所定の現像処理を行ないレジストパタンを形成した後、これをマスクとして所定のエッチング液を用いてクロム膜の湿式エッチングを行なった。さらに、上記レジストを除去して、所定のクロムパタンを得た。

【0054】次に、SOG(OCDタイプ7;東京応化工業(株)、製品名)を実施例2で述べたように厚さ388nmになるように塗布し、位相シフト膜とした。しかる後、位相シフト膜上にネガ型レジストRD2000N(日立化成工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用い、上記合わせマークで位置決めして、所定の位相シフトパタン領域を描画した。ついでレジストの現像処理を行ないレジストパタンを形成した後、これをマスクとして所定のエッチング液を用いて位相シフト膜の湿式エッチングを行なった。しかる後、上記レジストパタンを除去した。次に、上記第2の合わせマークパタンを、収束イオンビーム装置を用いて除去し、所望の位相シフトマスクを得た。

【0055】以上のようにして製造した位相シフトマスクを前記縮小投影露光装置に用い、所定の加工が行なわれたシリコン基板上に塗布されたレジスト(AZ5214;Shipley社、製品名)膜にパタンを転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、上記基板上にレジストパタンを形成した。形成した上記レジストパタンをSEMにより観察した結果、合わせマークパタンは転写されず、また、パタン領域全体にわたり良好な線幅精度で所望のパタンが形成されたことが分かった。

【0056】〈実施例4〉NA=0.45の投影光学系を有する縮小率1/10のi線縮小投影露光装置用の位相シフトマスクを製造した。本実施例では、図4に示すように、マスクパタン領域内の素子パタン外に、このマ

スクを用いた固体素子製造工程で用いるための露光用合わせマーク30及びこの露光用合わせマーク30の中心付近に位相シフト形成工程で用いる合わせマーク12を設けた。合わせマーク12は図3(a)に示した形状である。合わせマークパタンの形状や配置は上記に限るものではない。上記以外は、実施例1と同様にして、合わせマーク12を用いて位相シフトマスクを製造した。

【0057】製造した位相シフトマスクを前記縮小投影露光装置に用いて、所定の加工が行なわれたシリコン基板上に塗布されたレジスト膜にマスクパタンを転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、上記基板上にレジストパタンを形成した。形成した上記レジストパタンをSEMにより観察した結果、パタン領域全体にわたり良好な線幅精度で所望のパタンが形成されたことが分かった。

【0058】〈実施例5〉 $NA=0.37$ の投影光学系を有する縮小率 $1/5$ のKrFエキシマレーザ($\lambda=248\text{nm}$)縮小投影露光装置用の位相シフトマスクを製造した。本実施例では、位相シフト形成工程で用いる合わせマークと、このマスクを用いた固体素子製造工程で用いるための合わせマークを共有できるような寸法として所定のマスクパタン領域で素子パタン領域外に設けた。本実施例において、合わせマークは図3(d)に示した形状で、その寸法は、図3(d)に示した値の5倍とした。上記以外は第1実施例と同様にして、上記合わせマークを用いて位相シフトマスクを製造した。

【0059】製造した位相シフトマスクを前記縮小投影露光装置に用い、所定の加工を行なった第2の基板上に塗布したレジスト膜にパタンを転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、レジストパタンを形成した。形成したレジストパタンをSEMにより観察した結果、パタン領域全体にわたり良好な線幅精度で所望のパタンが形成されたことが分かった。

【0060】次に、このレジストパタンを用いて所定の加工工程を行なった後、再度レジスト膜を形成した。この第2の基板と別に製造した第2のマスクとを縮小投影露光装置に据え付け、上記工程で形成された合わせマークを用いて第2の基板を位置合わせした。露光により第2のマスクのパタンを第2の基板に転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、レジストパタンを形成した。形成したレジストパタンをSEMにより観察した結果、パタン領域全体にわたりパタンの位置ずれ量は $0.2\mu\text{m}$ 以下であることが分かった。

【0061】〈実施例6〉 $NA=0.45$ の投影光学系を有する縮小率 $1/5$ のKrFエキシマレーザ(波長 248nm)縮小投影露光装置用の64メガビットDRAMの配線パタン製造工程で用いるレチクルを製造した。以下、レチクル作製工程を説明する。レチクル基板としては、合成石英基板上に、クロム膜を形成したものを用意した。ここでクロム膜は遮光膜として用いるものであ

る。遮光膜としてモリブデンシリサイド等を用いてもよい。

【0062】上記クロム膜上にポジ型レジストOEBR-2000(東京応化工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用いて、所定の合わせマークパタンを描画した。本実施例では、図1に示した例と同様に、電子線描画の位置決め用いる合わせマーク12のパタンを予備も含めて6個と露光用合わせマーク12'のパタンとをマスクパタン領域外に、すなわち、投影露光装置により転写される領域の外に描画したが、いずれの合わせマークパタンもその位置や形状は上記に限らない。描画後、所定の現像処理を行ないレジストパタンを形成した後、これをマスクとして所定のエッチング液を用いてクロム膜を湿式エッチングした。しかる後、上記レジストを除去して合わせマークを形成した。

【0063】本実施例では、合わせマークはマスクパタン領域外の遮光領域に透過パタンとして設けたが、これに限らず、遮光膜上に合わせマークを形成してもよい。例えば、遮光膜上にSOGやアルミニウム等の材料からなる合わせマークを設けてもよい。この場合、合わせマークが転写されないという利点がある。

【0064】次に、上記クロム膜上に再度ポジ型レジストOEBR-2000(東京応化工業(株)、製品名)を塗布し、電子線描画装置を用い、上記合わせマークで位置決めして透過部の領域を描画した。ここで、所定のパタン領域を描画するのに必要な時間は、合計90分程度である。本実施例で用いた電子線描画装置は、5分以上描画動作を連続して行くと電子線のドリフト現象により位置精度が劣化し、 $0.1\mu\text{m}$ 以上の位置ずれが生じる。そのため約2分毎に上記合わせマーク12を検出して、位置決めしなおし、所定のパタン領域を描画した。この結果、位置ずれを $0.1\mu\text{m}$ 以下に抑え、パタンを高精度で形成することができた。描画後、所定の現像処理を行ないレジストパタンを形成した。これをマスクに所定のエッチング液を用いて、クロム膜を湿式エッチングした。しかる後、上記レジストを除去してレチクルを形成した。

【0065】以上のようにして製造したレチクルを所定のレチクル検査装置を用いて検査した。パタンの位置ずれ量、パタン寸法誤差共に $0.1\mu\text{m}$ 以下であり、所望のレチクルを高精度で製造することができた。

【0066】以上のようにして製造したレチクルを前記縮小投影露光装置に用いて、所定の加工が行なわれたシリコン基板上に塗布されたレジスト膜にレチクルパタンを転写した。露光後、所定の現像処理を行ない、レジストパタンを形成した。形成したレジストパタンをSEMにより観察した。この結果、パタン領域全体に渡って良好な位置精度、線幅精度で所望のパタンが形成されたことが分かった。

【0067】以上、本実施例では透過照明で用いる透過

17

型マスクの製造方法を例にとって説明したが、例えば、反射光学系で用いる反射型マスク等他のマスクにおいても本実施例で述べたような製造方法がマスクパタンの精度向上に有効であることは言うまでもない。

【0068】

【発明の効果】以上本発明によれば、固体素子等を製造する際に実質的に障害とならないような合わせマークを用いて製造した、高精度の微細なパタンを有する位相シフトマスクを得ることができた。またそのような合わせマークを用いた位相シフトマスクの製造方法を提供することができた。さらに、そのような合わせマークを用いた高精度の微細なパタンを有するマスクの製造方法を提供することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の合わせマークの配置を示した模式図である。

【図2】実施例2の合わせマークの配置を示した模式図である。

【図3】合わせマークの一例を示した模式図である。

【図4】合わせマークの一例を示した模式図である。

【図5】合わせマークの一例を示した模式図である。

【図6】合わせマークの一例を示した模式図である。

【図7】合わせマークの一例を示した模式図である。

18

【図8】合わせマークの位置と光強度の関係を示した図である。

【図9】合わせマークの一例を示した模式図である。

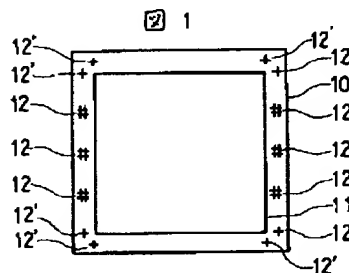
【図10】実施例1のマスク製造工程を示した工程図である。

【図11】実施例2のマスク製造工程を示した工程図である。

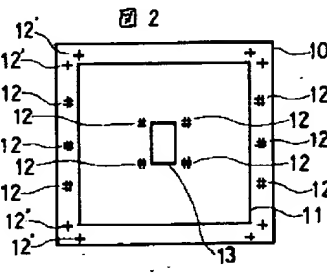
【符号の説明】

- | | |
|---------------------|-------------|
| 1 合成石英基板 | 2 窒化シリコン膜 |
| 3 クロム膜 | 4 位相シフト膜 |
| 5 位相シフトク | 6 合わせマーク |
| 7 不透明膜 | 8 透明導電膜 |
| 9 位相シフトタ | 9' 位相シフト |
| 10 マスク基板 | 11 マスクパタン領域 |
| 12、12'、21、30 合わせマーク | 13 位相シフトパタン |
| 15 遮光膜 | 16 光透過部 |

【図1】

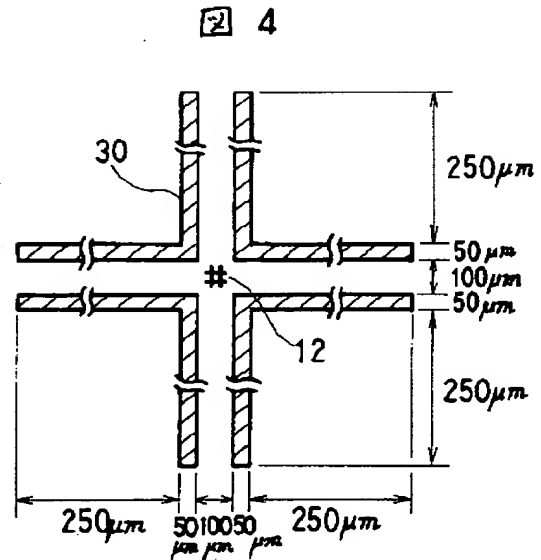


【図2】



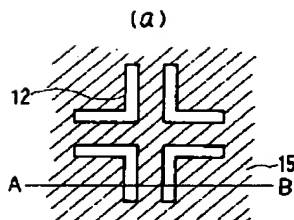
- 11…マスクパタン領域
12…合わせマーク
12'…露光用合わせマーク
13…位相シフトパタン

【図4】

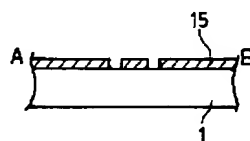


【図5】

図5

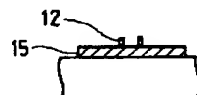


(b)



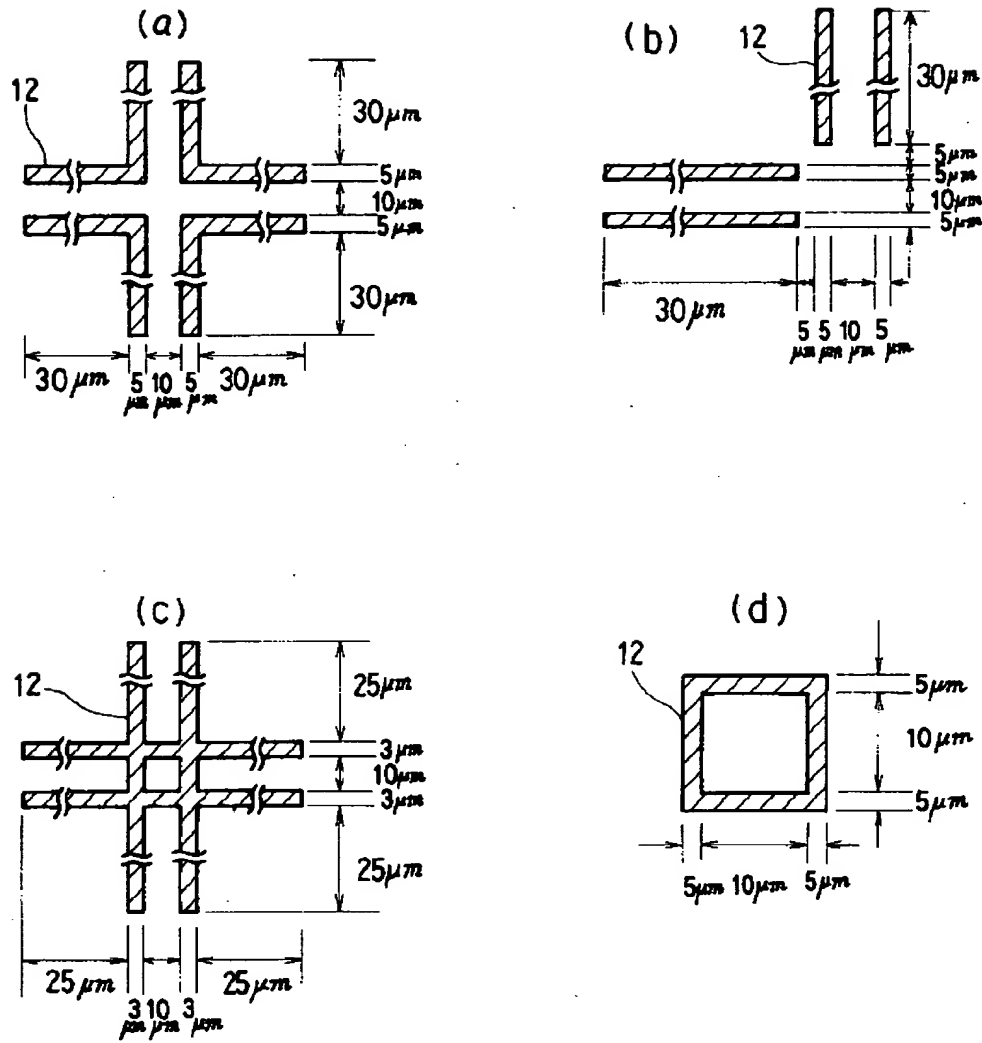
【図9】

図9



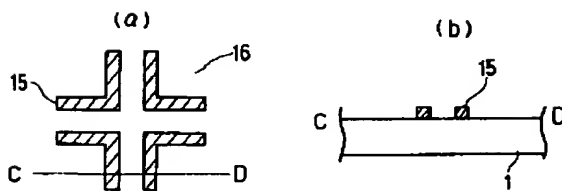
【図3】

図 3



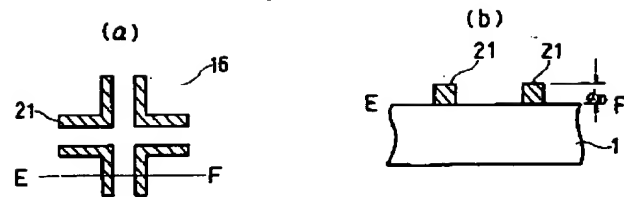
【図6】

図 6

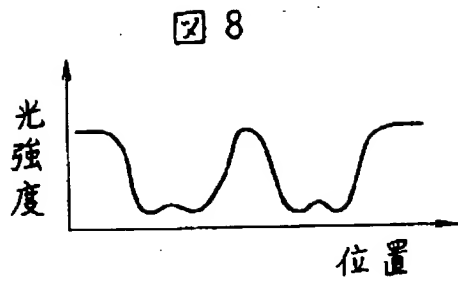


【図7】

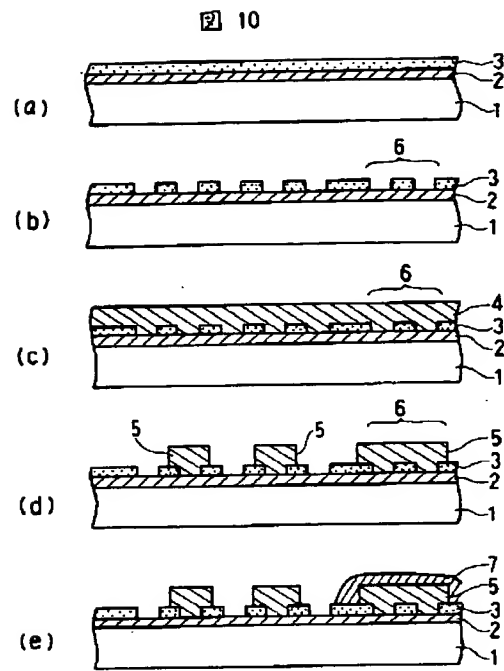
図 7



【図8】



【図10】



【図11】

